

6. Никольский С. М.. Граничные свойства функций, определенных на области с угловыми точками. *Математический сборник*. 1958. Т. 45(87), № 2. С. 181–194.

Presents the method of restoring the internal structure of three-dimensional body using polynomial interflatation using known tomograms (traces) lying on a system of arbitrary planes, which is a generalization of the method of restoring the body known tomograms on a system of three groups of parallel planes. The numerical experiment this method.

**Key words:** *interflatation, restore, scan traces.*

Одержано 15.02.2017

УДК 681.514:621.029

**І. Р. Пітух\***, канд. техн. наук, доцент,  
**Г. Я. Процюк\*\***, аспірантка,  
**В. Р. Процюк\*\***, канд. техн. наук, доцент,  
**І. Б. Албанський\***, канд. техн. наук

\*Тернопільський національний економічний університет, м. Тернопіль,

\*\* Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ОПЕРАТОРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИМ ОБ'ЄКТОМ НА ОСНОВІ ОБРАЗНО-КЛАСТЕРНОЇ МОДЕЛІ**

Роботу присвячено синтезу структури образно-кластерної моделі інтерактивного моніторингу станів багато параметричних об'єктів керування на основі системи автоматизованого проектування (САПР) алгоритму розпаралеленого опрацювання статистичних даних та кореляційних характеристик технологічних об'єктів.

**Ключові слова:** *образно-кластерна модель інтерактивна комп'ютерна система, керування об'єктом.*

**Вступ.** Актуальною проблемою розв'язання комплексу наукових задач пов'язаних з розвитком теорії вдосконалення методології та техніки побудови в інтерактивних комп'ютеризованих систем (ІРКС) є проблемно-орієнтована структуризація потоків даних та їх опрацювання програмно-апаратними засобами САПР. До складу таких задач входять:

- синтез та оптимізація архітектури ІРКС на основі теоретичних засад та методів побудови комплексу моделей руху даних [1–3];

- збір та опрацювання в інтерактивному режимі структурованих даних про стани багато параметричних технологічних об'єктів керування;
- узгодження з задачами інтерфейсного та інтерактивного формування, кодування, передавання, цифрового передавання, архівізації та використання проблемно-орієнтованих структуризованих даних про технологічні стани об'єктів керування [4, 5];
- синтез на основі САПР розпаралеленого алгоритму формування на моніторах операторів образно-кластерних моделей (ОКМ) технологічних процесів [5, 6];
- розробка оптимізованої структури програмно-апаратних засобів контролю параметрів технологічного процесу [7].

### **1. Огляд опублікованих джерел та стану рішення проблеми.**

Світовий досвід розробки та широкомасштабного застосування ІРКС зарубіжними та акредитованими в Україні фірмами: ABB, Motorola, FF, SPM, SCHENCK, Yocogawa, Електросвіт [4–6] свідчить, що задача організаційного, інформаційного та технічного програмно-апаратного забезпечення низових рівнів ІРКС вже достатньо успішно вирішена і практично реалізована.

У зв'язку з наявністю широкого класу об'єктів керування, які характеризуються високим рівнем пожежної, вибухової та екологічної небезпеки особлива увага, при визначенні систем характеристик таких ІРКС, приділяється забезпеченню їх високої надійності, живучості властивостей удосконалення та адаптації до екстремальних умов експлуатації.

Слід зауважити, що саме в таких ситуаціях таку ведучу роль виконують оператори комп'ютеризованої системи в інтерактивному режимі контролю станів об'єктів на моніторах промислових комп'ютерів.

Запропонована нами розробка концепції теоретичних засад, методології та способу контролю параметрів технологічного процесу на основі САПР образно-кластерної моделі (ОКМ) дозволяють розширити функціональні можливості та підтримати інформативність процедур аналізу технологічних процесів контролем не тільки відхилень їх параметрів по амплітуді, але й відхилень статистичних значень: ковзного математичного сподівання, середньо-статистичної динаміки ковзної структурної кореляції, матриці нормованих коефіцієнтів взаємної кореляції між парами технологічних параметрів, логіко-статистичних інформаційних, спектральних, кластерних та ентропійних моделей.

**2. Розробка способу контролю параметрів технологічного процесу.** Відомий спосіб контролю параметрів технологічного об'єкта, який реалізований у пристрої контролю роботи технологічного об'єкта [7].

Недоліком такого способу є звужені функціональні можливості та низька інформативність, оскільки результатом аналізу технологічного процесу є контроль відхилення від норми тільки ймовірнісних

переходів кластерної моделі без врахування його вимірюваних та розрахованих статистичних характеристик.

Найбільш близьким за технічною сутністю є спосіб контролю параметрів технологічного процесу [8]. Даний спосіб контролю параметрів технологічного процесу включає циклічний вимір значень кожного параметра і їхнє запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра в області можливих значень норми, ідентифікацію стану квазістаціонарного об'єкта, визначення структурної автокореляційної функції та нормованого коефіцієнта взаємкореляції, за якими порівнюють:

- ковзні статистичні характеристики математичного сподівання, згідно виразів:

$$L_1 = \left\{ \begin{array}{l} 0, a_1 < M_j < a_2 \\ 1, a_1 \geq M_j \geq a_2 \end{array} \right\}, \text{ де } M_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} x_{i+j}, i = 1, 2, \dots, I,$$

$n$  — число контрольованих параметрів технологічного об'єкта;

- структурну кореляційну функцію, згідно виразу:

$$L_2 = \left\{ \begin{array}{l} 0, b_1 < C_{xx}(j) < b_2 \\ 1, b_1 \geq C_{xx}(j) \geq b_2 \end{array} \right\}, \text{ де } C_{xx}(j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (x_i - x_{i-j})^2, j = \overline{0, m};$$

- коефіцієнти нормованої взаємкореляції між двома параметрами, згідно виразу:

$$L_3 = \left\{ \begin{array}{l} 0, 0 < \rho_{xy} < 1 \\ 1, 0 \geq \rho_{xy} \geq -1 \end{array} \right\}, \text{ де } \rho_{xy} = \frac{R_{xy}(0)}{\sigma_x \cdot \sigma_y},$$

$$\sigma_x = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (x_i - M_{xj})^2, \sigma_y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (y_i - M_{yj})^2.$$

Таким чином згідно приведеної сукупності вимірюваних та визначених параметрів технологічного процесу в даному способі виконується наступна послідовність операцій:

$X_{ТП} = F(\{x_i\}, \{y_i\}, S, M_j, M_{xj}, M_{yj}, \sigma_x, \sigma_y, C_{xx}(j), R_{xy}(0), \rho_{xy}, L_1, L_2, L_3)$ , де  $\{x_i\}, \{y_i\}$  — вимірювання параметрів технологічного процесу;  $S$  — ідентифікація квазістаціонарного стану технологічного процесу;  $M_j, M_{xj}, M_{yj}$  — визначення ковзних статистичних характеристик математичного сподівання;  $\sigma_x, \sigma_y$  — визначення середньоквадратичних оцінок дисперсії;  $C_{xx}(j)$  — визначення структурної кореляційної функції;  $R_{xy}(0)$  — визначення центрованої взаємкореляційної функції в нульовій точці між параметрами  $x_i, y_i$ ;  $\rho_{xy}$  — визначення коефіцієнта

нормованої взаємкореляції між кожною парою параметрів, на основі яких визначаються  $L_1, L_2, L_3$  — логіко-статистичні оцінки порівняння вимірюваних значень параметрів в області можливих значень норми, відповідно по амплітуді ( $L_1$ ), по динаміці ( $L_2$ ) та фазі ( $L_3$ ).

Удосконалення способу контролю параметрів технологічного процесу шляхом розширення функціональних можливостей та збільшення його інформативності, що включає циклічний вимір значень кожного параметра і їхнє запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра з граничними уставками, ідентифікацію стану квазістаціонарного об'єкта, визначення структурної автокореляційної функції та нормованого коефіцієнта взаємкореляції, за якими порівнюють ковзні статистичні характеристики математичного сподівання, в якому:

- визначають вибіркові математичні сподівання, згідно виразів:

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i,$$

які характеризують відповідність значень уставкам регуляторів технологічного процесу;

- визначають зважені ковзні математичні сподівання параметрів, згідно виразів:

$$M_{vx} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} X_{i+j}, \quad M_{vy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} Y_{i+j},$$

які дозволяють виконувати екстраполяцію та передбачення зміни станів технологічного процесу в часі, де  $V_{i-j}$  — вагова функція, що визначає інформативність вимірюваного значення технологічного процесу з нульовим ефектом старіння інформації, що дозволяє прогнозувати тенденцію та майбутні стани технологічного процесу;

- виконують порівняння спектральних характеристик вимірюваних значень параметрів в області можливих значень норми, згідно виразів:

$$L_4 = \left\{ \begin{array}{l} 0, S_1 < S_w < S_2 \\ 1, S_1 \geq S_w \geq S_2 \end{array} \right\}, \text{ де } S_w = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \rho_{xx}(j) \cdot w_j \cdot e^{-\alpha \cdot j},$$

$w$  — кругова частота косинусного перетворення Фур'є,

$\rho_{xx}(j) = \frac{R_{xx}(j)}{D_x}$  — нормована і центрована автокореляційна функція

контрольованого параметру технологічного процесу,  $D_x = \sigma_x^2$  — дисперсія

технологічного процесу,  $R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \dot{x}_i \cdot \dot{x}_{i+j}$  — центрована авто-

кореляційна функція параметра технологічного процесу,  $\dot{x}_i = x_i - M_x$ ;

- визначають матрицю ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший  $P_{ij}$ , де

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} \boxed{P_{11}} & \boxed{P_{12}} & \dots & \boxed{P_{1j}} & \dots & \boxed{P_{1n}} \\ P_{21} & \boxed{P_{22}} & \dots & P_{2j} & \dots & \boxed{P_{2n}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & \boxed{P_{i2}} & \dots & \boxed{P_{ij}} & \dots & \boxed{P_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \boxed{P_{m1}} & P_{m2} & \dots & \boxed{P_{mj}} & \dots & P_{mn} \end{pmatrix}$$

де  $\boxed{P_{ij}}$  — ймовірнісний стан норми,  $\boxed{P_{ij}}$  — ймовірнісний стан прогнозу різних видів передаварійних станів,  $P_{ij}$  — ймовірнісний стан аварії,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ;

- здійснюють оцінку кореляційної ентропії технологічного процесу, яка відображає деградацію кореляційних характеристик технологічного процесу і передбачає розвиток передаварійних станів технологічного процесу, згідно виразу:

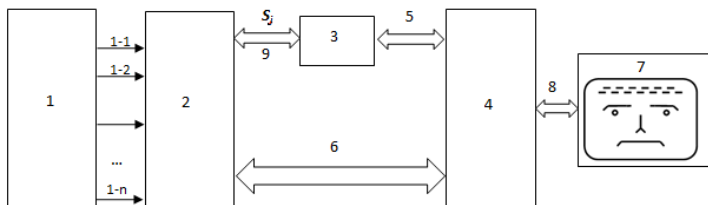
$$I_x = n \cdot \hat{E} \left[ \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (D_x^2 - R_{xx}^2(j)) \right],$$

де  $m$  — число точок автокореляційної функції,  $\hat{E}[\bullet]$  — цілочисельна функція з округленням до більшого цілого [9];

- формують еталонне зображення образно-кластерної моделі стану технологічного процесу «норма», додатково порівнюють параметри еталонного стану з вимірними, спостережуваними та розрахованими параметрами технологічного процесу «норма», «прогноз аварії» та «аварія» та ідентифікують стан технологічного процесу додатковим відображенням на моніторі оператора структуризованої образно-кластерної фейс-моделі.

Система контролю, що реалізує запропонований спосіб, на рисунку показано датчики вимірів параметрів 1, 1-2, ... 1- $n$ , блок збору інформації 2, до інформаційного входу якого підключені датчики 1-1, 1-2, ... 1- $n$ , пульт оператора 3, пристрій підготовки інформації 4, першу шину 5, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і пульт оператора 3, другу шину 6, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і блок збору інформації 2, блок введення інформації 1, третю шину 8, що з'єднує блок виведення інформації 7, і пристрій підготовки інформації 4, шину 9, що з'єднує пульт оператора 3 і блок збору інформації 2; яка додатково містить постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) 10, вхід якого з'єднаний додатковою шиною 11 з додатково введеним першим ви-

ходом блоку виводу 7, а вихід ПЗП 10 з'єднаний з першим входом блоку порівняння 12, другий вхід якого з'єднаний додатковою шиною 13 з другим виходом блоку виводу 7, а вихід з'єднаний додатково введеною шиною 14 з додатково введеним монітором оператора 15, на якому відображається образно-кластерна модель.



**Рисунок.** Система контролю параметрів технологічного процесу

**Висновки.** Система керування з використанням образно-кластерної моделі дозволяє здійснювати контроль складних технологічних параметрів в режимі реального часу. Забезпечує чіткий контроль перехідних технологічних станів контролюваного об'єкта.

#### Список використаних джерел:

1. Пітух І. Р., Возна Н. Я., Процюк Г. Я., Николайчук Я. М. Метод прийняття рішень структуризованої ідентифікації станів промислових об'єктів в інтерактивних комп'ютеризованих системах. Праці VIII Міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень». Ужгород: УжНУ, 2016. С. 64–65.
2. Пітух І. Р., Франко Ю. П., Харух Б. М., Голик І. І. Дослідження базових взаємодій та критеріїв інтерактивності комп'ютеризованих систем. Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Юриспруденція та проблеми інформаційного суспільства» (ЮПІС-2016). Івано-Франківськ, 2016. С. 125–128.
3. Igor Pitukh, Liubov Nykolaychuk, Halyna Protsiuk, Vasyl Protsiuk Information and Legal Aspects of the Communication Functions of the Computerized System Operator. *Modern Problem of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science: proceedings of the XIII th International Conference TSET'2016*, February 23–26, 2016. P. 885–888.
4. Возна Н. Я., Алишов Н. И., Процюк Г. Я., Николайчук Я. Н. Метод структуризации образно-кластерной модели состояний квазистационарного объекта управления. *Journal of Qafqaz University. Mathematics and Computer Science*. Baku. Azerbaijan, 2015. Vol. 3, № 2. P.105–115.
5. Процюк Г. Я., Николайчук Я. М. Теоретичні засади та метод побудови образно-кластерної моделі оператора бурової установки. Міжнародний науково-технічний журнал «Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології». 2015. № (29). С. 96–102.
6. Vozna N., Protsiuk H., Pituh I., Nykolaychuk Y. Image-cluster Method of Data Structuring of Multiprismmeter Objects Monitoring of Interactive Computer Sys-

- tems. *Proceedings of XIIIth International Conference CADSM'2015*. Lviv, 2015. P. 295–299.
7. Патент України на корисну модель № 68874. 10.04.2012. Бюл. № 7.
  8. Деклараційний патент України на корисну модель № 71122. — 10.07.2012. Бюл. № 13.
  9. Николайчук Я. М. Теорія джерел інформації. Тернопіль ТНЕУ, 2008. 536 с.

Synthesis of structure of the image-cluster model interactive monitoring many parametric states control objects based on computer aided design (CAD) algorithm rozparalelenoho processing statistics and correlation characteristics of technological objects.

**Key words:** *image-cluster model, interactive computer system, management of the facility.*

Одержано 16.02.2017

УДК 004.056.55

**Н. А. Полуянченко**, соискатель

Харьковский национальный университет  
имени В. Н. Каразина, г. Харьков

## **РАСЧЕТ ЧИСЛА ОБРАЗУЮЩИХ ПОЛИНОМОВ ДЛЯ РЕГИСТРОВ СДВИГА С НЕЛИНЕЙНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ С НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОРЯДКА**

Рассматривается один из важных элементов генератора поточных шифров — регистры сдвига с нелинейной обратной связью (РСНОС). Рассматриваются РСНОС с нелинейностью произвольного порядка. Изучается число различных образующих полиномов, на основе которых можно построить РСНОС. В качестве результата приводятся расчетные выражения для определения числа РСНОС как произвольного порядка, так и для РСНОС максимального порядка при заданном размере регистра.

**Ключевые слова:** *поточные шифры, нелинейные системы, РСНОС.*

**Введение.** В последнее время наблюдается резкое развитие криптоаналитических систем, в том числе, перспективным направлением стало использование квантового компьютера или квантовых вычислений. Учитывая это, актуальным становится вопрос повышения уровня безопасности криптографических методов без ухудшения таких показателей, как сложность и скорость вычислений. Одним из основных требований к генераторам псевдослучайных последовательностей (ПСП) предъявляются требования неразличимости последовательностей, сложности, скорости и период повторения для ПСП [1]. Хороши-